

ВСТУП

1.1. Місце і значення оброблення різанням серед інших методів формоутворення поверхонь деталей

Машинобудування покликане грати провідну роль у прискоренні науково-технічного прогресу у народному господарстві нашої країни. Характерними рисами його розвитку є автоматизація технологічних процесів, широке впровадження робототехніки, висока продуктивність праці. Серед різних технологій, вживаних у машинобудуванні, оброблення різанням є одним із основних методів отримання точних деталей машин. Оскільки вимоги до точності машин і приладів постійно підвищуються, стає безперечною перспективність розвитку процесів механічного оброблення. Їх універсальність і гнучкість забезпечують переваги перед іншими способами виготовлення деталей, особливо для невеликих партій виробів в індивідуальному і серійному виробництві.

Аналіз показує, що обробленням різанням одержується найвища точність і якнайкраща якість обробленої поверхні. Процес різання є найбільш економічним. Способи різання мають ту істотну перевагу, що при частій зміні об'єктів виробництва вони характеризуються високою маневреністю, а тривалість підготовки операцій нового виробництва та їх вартість менші для оброблення різанням, чим при виготовленні деталей методами прецизійного литва або штампуванням. Енергоємність процесу різання значно менша, ніж енергоємність процесів литва чи оброблення тиском. Процес різання дуже добре піддається автоматизації (перші системи ЧПК були створені саме для металорізальних верстатів).

Одним з основних недоліків процесу різання є перетворення частини оброблюваного матеріалу у стружку, тобто, відходи. Аналіз, проведений у 1957 р. у США [3], показав, що за рік було виплавлено 100 млн. тонн сталі, з яких більше 15 млн. тонн було переведено у стружку, що складає, приблизно 10%. Тому довгий час вважалося, що процес різання у майбутньому буде замінений іншими методами механічного оброблення, будуть створені так звані безвідходні технології виготовлення деталей (методи точного литва, пластичної деформації, порошкової металургії та ін.). Проте, не дивлячись на ці прогнози, питома вага оброблення різанням на машинобудівних підприємствах за багато десятиліть фактично не міняється і складає 50–70%.

Передбачалося також, що процес різання буде замінений сучасними спеціальними методами оброблення: електрофізичними і електрохімічними. Проте, як виявилось, енергоємність цих методів значно вища, ніж при обробленні різанням (табл. 1.1 і 1.2). Це і визначило найбільш ефективну сферу застосування перерахованих методів: оброблення виробів з матеріалів, що важко, або зовсім не піддаються різанню і формування на виробах складних профілів або отворів особливо малих діаметрів.

Таким чином, не дивлячись на значні досягнення у розробці технологічних процесів отримання точних заготовок, що наближаються до форми остаточно обробленого виробу, а також, не дивлячись на великий прогрес, досягнутий у створенні електрофізичних і електрохімічних методів оброблення матеріалів, є всі підстави вважати, що і надалі оброблення матеріалів різанням займатиме значне місце у

технології виготовлення машин. Проте його об'єм скорочуватиметься за рахунок зменшення чорнових обдирних операцій і зростатиме при виконанні чистових і вікінчувальних операцій

Таблиця 1.1. Енергетичні показники різних способів оброблення різанням

Спосіб різання	Площа зрізаного шару, мм ²	Питома енергія 10 ³ , Дж/см ³	Швидкість різання, м/с	Продуктивність об'ємна, см ³ /с
Обточування	1,0	0,5...0,7	1,5...7,5	5×10 ⁻² ...5×10
Протягування	0,5	2,5...3,7	0,01...0,1	4×10 ⁻³ ...1×10 ⁻¹
Фрезерування	0,3	5,0...7,5	2...6	2×10 ⁻³ ...1,0
Розсвердлювання	0,1	12...30	0,15...1,6	5×10 ⁻³ ...5×10 ⁻¹
Шліфування	5×10 ⁻⁵	55...70	25...30	5×10 ⁻³ ...2×10 ⁻²

Таблиця 1.2. Енергоємність різних процесів зняття поверхневого шару металу з виробу

Вид оброблення	Необхідна потужність для видалення 1 кг припуску за 1 хв при обробленні сталі, кВт
Різання лезовим інструментом	1...1,5
Різання абразивним інструментом	10
Електроіскрове оброблення	100
Оброблення електронним променем	1000
Оброблення лазерним променем	5000...10000

Вдосконалення існуючих і створення нових методів та практичних прийомів оброблення матеріалів різанням неможливе без використання досягнень науки про різання матеріалів, яка є базою для галузі технології машинобудування. Якщо не спиратися на теоретичні основи процесу різання матеріалів, то неможливо ні спроектувати науково обґрунтований технологічний процес, ні дати оцінку його ефективності. Продуктивність і собівартість технологічного процесу визначаються часом, який витрачається на виконання окремих операцій, і залежить від встановлених на них режимів різання. Призначення режиму різання неможливе без знання основних законів продуктивного різання, що базуються на процесах, які відбуваються у зоні деформації і на контактних поверхнях інструменту.

Якість деталей, що випускаються, визначається точністю їх геометричних форм і шорсткістю обробленої поверхні. При певній жорсткості деталі похибки форми залежать від величини і напрямку сил, діючих у процесі оброблення. Таким чином, їх потрібно знати й уміти визначати.

Похибки форми деталі, викликані розігріванням заготовки та інструменту, можна розрахувати, знаючи їх температуру, для чого необхідно мати дані про теплові явища, супутні перетворенню зрізаного шару, на стружку.

Надійність функціонування технологічного процесу визначається можливими відмовами по точності оброблення і втрати різальної здатності інструменту. Це можливо встановити на підставі вивчення фізичної природи і закономірностей зношування та руйнування інструментів і знання теорії їх стійкості.

Проектування металорізальних інструментів починається з вибору геометричних параметрів їх різальної частини. Оптимальні величини цих параметрів, при яких період стійкості інструменту максимальний, визначаються фізичними процесами, що відбуваються на контактних поверхнях інструменту.

Для підвищення довговічності інструменту велике значення має правильний вибір інструментального матеріалу. Його проводять на підставі знання закономірностей контактування пари: матеріал інструменту та оброблюваний матеріал, а також контактних напружень.

При проектуванні металорізальних верстатів задають діапазони зміни подачі, числа обертів шпинделя та ефективну потужність верстата. Вибір цих параметрів проводять на основі раціональних режимів різання при одноінструментному і багатоінструментному обробленні. Розрахунки на міцність, жорсткість і довговічність, вібростійкість окремих деталей і вузлів верстата здійснюють, використовуючи силові і динамічні закономірності процесу різання.

Застосування у машинобудуванні нових важкооброблюваних конструкційних матеріалів, підвищення рівня автоматизації металорізальних операцій і створення самоналагоджувальних систем, підвищені вимоги до точності і якості оброблення ставлять перед наукою про різання матеріалів ряд нових проблем [1]. Наприклад, різання важкооброблюваних, пірофорних і отруйних матеріалів показало необхідність іншого підходу до призначення режимів різання і конструкції інструментів, чим традиційний. Для оброблення конструкційних матеріалів у космосі потрібні нові методи, оскільки виключно високий вакуум руйнує окисні плівки і приводить до зварювання інструментів із заготовкою.

Сучасне машинобудування значно відрізняється від традиційного з його потоковою технологією і автоматичними лініями. Гнучкі виробничі системи працюють у постійно змінюваних умовах, що, поза сумнівом, накладає відбиток на фізичні закономірності процесів, що відбуваються у зоні різання. Прогресивне металообробне устаткування дозволяє широко використовувати комбінації різних видів енергії, наприклад механічної і теплової, механічної та хімічної і т.п. Кількість подібних проблем вельми велика.

У цьому плані все більше відкривається значний потенціал вдосконалення процесів оброблення різанням стосовно нанометричного діапазону. Перехід у нанообласть дозволяє вирішувати технологічні задачі на атомно-молекулярному рівні і добиватися таких вихідних показників процесу оброблення, яких традиційними методами досягти неможливо. З'явилися передумови для використання ідеальних (граничних) систем нанорізання, усі складові яких є нанооб'єктами. Величезного прогресу добилися творці інструментарію нанотехнологій, насамперед зондових скануючих мікроскопів.

Тому вивчення теорії різання як базової дисципліни машинобудування дозволить майбутньому фахівцеві успішно оволодіти питаннями проектування металорізальних верстатів, інструментів і технології механічного оброблення деталей машин і приладів.

1.2. Історія розвитку науки про різання матеріалів

Процес різання почав широко використовуватися на машинобудівних підприємствах з другої половини XVIII сторіччя. Відповідно все більше виникало

питань, пов'язаних з його використанням, через що необхідно було проводити відповідні дослідження.

Наука про різання матеріалів – відносно молода наука. Перша опублікована праця у цій області відноситься до 1848 р. і належать Кокільє, який визначив сили опору різанню, що виникають при свердлінні стволів гармат із кованого заліза. У 1850 і 1864 р.р. досліди Кокільє для обточування повторюють Кларінваль і Жоссель (Жосселен). Проте ці дослідники обмежувалися тільки фіксацією отриманих результатів, не вдаючись до суті явищ, що їх визначають.

Розвиток науки про різання можна умовно розділити на чотири періоди [2]. У перший період (1848–1917 р.р.) визначалося, що потрібно вивчати у процесі різання і як вивчати, створювалися перші вимірювальні прилади (динамометри та ін.). Основоположником наукового підходу до різання матеріалів є учений І.А.Тіме, який у 1868–1869 р.р. на Луганському паровозобудівельному заводі проводив досліди по струганню різних матеріалів, описані ним у книзі «Опір металів і дерева різанню» (1870 р.). Запропонована ним класифікація типів стружок, встановлене явище усадки стружки, поняття про кут сколювання, перша формула для визначення сили різання при струганні різних за властивостями матеріалів – використовуються у науці про різання і понині.

Теорія І.А.Тіме знайшла подальший розвиток у роботах В.Л. Чебишева, А.П.Афанасьєва, А.В. Гадоліна, Т.І. Тихонова, Б.Г. Соколова Я.Г. Усачова, А.А.Брікса і, особливо, К.О.Зворікіна, який поставив у Харківському технологічному інституті ряд видатних за методикою і результатами дослідів із визначення сил при різанні. У 1914 р. з'являються дослідження Я.Г.Усачова в області стружкоутворення, вивчення наросту і теплових явищ при різанні.

Із зарубіжних учених у цей період, перш за все, слід зазначити роботу американського промисловця і економіста Ф.Тейлора, творця швидкорізальної сталі. У своїй роботі «Мистецтво різати метали» (1896 р.) він вперше розглядає питання зносу і стійкості різального інструменту, пропонує емпіричні формули степеневого типу, що зв'язують швидкість різання з подачею і глибиною різання.

Другий період (1918–1945 р.р.) характерний створенням наукових шкіл як у колишньому Радянському Союзі, так і за кордоном; організацією на великих заводах лабораторій різання (ГАЗ, ЗІЛ, Уралмаш, ХТЗ та ін.), створенням спеціальних науково-дослідних інститутів (ВНДІінструмент, ЕНІМС, ЦНДІТМАШ, НДІавтопром та ін.), накопиченням експериментального матеріалу при дослідженні сил різання, зносу інструменту, допустимої швидкості різання та ін. У цих роках спочатку у Німеччині і США (1927р.), а потім у СРСР (1929р.) був створений принципово новий інструментальний матеріал – твердий сплав. Становлення галузі виробництва цих сплавів в Україні пов'язано з «Укртвердосплавом», пізніше – Інститутом надтвердих матеріалів і його засновником – В.М.Бакулем.

У цей період були створені наукові школи у Київському політехнічному інституті (С.С.Рудник), Харківському політехнічному інституті (Н.Й.Резников, М.Ф.Семко) та в ін.

Одним з підсумків цих робіт у НДІ, заводських лабораторіях і ВУЗах була розробка загальномашинобудівних нормативів з режимів різання.

За кордоном у цей період були створені наукові школи І.Д.Армарего (Е.І.А. Armarego, Австралія), П.Окслі (Р. L. Oxley, Англія), М.Мерчента (М. E. Merchant, США), Х.Опитца, І.Г.Шлезінгера (Schlesinger, Німеччина), Н.Такаями (Takayama, Японія).

Третій період (1946–1990 р.р.) слід вважати часом розквіту наукових досліджень в області оброблення матеріалів різанням. Різно зросло число учених, що працюють у цій області. Зміцнилися (кількісно і якісно) вже створені наукові школи, створювалися нові: Грузинський політехнічний інститут (Т.Н.Лоладзе), Київський політехнічний інститут (В.А.Остаф'єв), Харківський політехнічний інститут (М.Ф. Семко, В.І.Дрожжин, А.І.Грабченко) [4] та ін.

Для вивчення різних сторін процесу різання широко застосовуються високошвидкісна кінозйомка, поляризаційно-оптичний метод, метод радіоактивних ізотопів, рентгеноскопія і електроноскопія, сканування і тому подібне. Розроблена спеціальна апаратура, що дозволяє проводити фізичні дослідження процесу різання. Великий експериментальний матеріал, накопичений у результаті проведених досліджень, дозволив приступити до розробки загальної теорії процесу різання. Цей період характерний створенням теоретичних моделей процесу різання, теоретичних методів розрахунку основних характеристик процесу – сил різання, температур, характеристик руйнування і зносу різальних інструментів та ін.

Четвертий період (1991р.– по наш час) пов'язаний зі зниженням наукової діяльності у зв'язку з розривом наукових зв'язків між колишніми республіками СРСР, відсутністю фінансування, розпадом багатьох машинобудівних підприємств та ін. Проте і у цей час в Україні продовжуються роботи з дослідження фізики процесу різання (Запоріжжя, Київ, Харків, Хмельницький), вивчення напруженого стану у різальному інструменті (Запоріжжя, Київ, Суми, Харків, Хмельницький), застосуванню екологічно чистого мастильно-охолоджувального технологічного середовища (Сімферополь), створенню теоретичних моделей зносу різального інструменту (Хмельницький), вивченню і практичному використанню процесів абразивного і алмазного оброблення (Донецьк, Київ, Севастополь, Харків, Одеса) і т.д.

В той же час у всьому світі та і у нас (Київ, Суми, Одеса, Харків, Хмельницький) поширення набув напрям комп'ютерного моделювання процесів, що відбуваються при різанні матеріалів: тертя, напруженого стану зони різання, теплових процесів тощо. Стало можливим:

- 1) створення методів і систем комп'ютерного розрахунку оптимальних режимів різання;
- 2) створення методів прогнозуючого моделювання і автоматизованої підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПК;
- 3) визначення оптимальних конструкцій різальних інструментів і умов застосування адаптивних систем керування, тощо.

Прогрес у технології механічного оброблення досягається у результаті винахідливості і досвіду, логічного мислення і наполегливої праці багатьох тисяч практичних працівників і учених, пов'язаних з областями різання матеріалів. Всі вони постійно намагаються знайти вирішення нових проблем, викликаних появою невідомих раніше матеріалів, обмеженням швидкості оброблення або необхідністю забезпечення досяжної точності та багатьма іншими причинами. Проте якими б компетентними вони не були, мало знайдеться фахівців, хто б не розумів, що вони зможуть краще вирішувати проблеми, що виникають перед ними, володіючи більш глибокими знаннями про процеси, що виникають у зоні різання і на поверхнях інструмента.

Саме те, що відбувається у дуже невеликому об'ємі матеріалу навколо різальної кромки, визначає показники роботи різального інструмента, оброблюваність матеріалів і сплавів, якість обробленої поверхні.

У цій книзі зроблена спроба узагальнити накопичені знання про процеси у зоні різання на підставі раніше опублікованих робіт, власних досліджень авторів і досліджень багатьох їх колег.

Підручник складається з 15 розділів і післямови. Авторами розділів є: д.т.н., проф. М.П. Мазур (вступ, розділи 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12), д.т.н., проф. Ю.М. Внуков (розділи 2, 3, 5, 7, 8), д.т.н., проф. А.І. Грабченко (розділи 7, 8, 13, 14, 15), д.т.н., проф. В.Л. Доброскок (розділ 13), д.т.н., проф. В.О. Залога (розділи 2, 7, 9, 10, післямова). У ряді розділів використані матеріали другого видання підручника 2011 року.

Автори виражають подяку рецензентам д.т.н., проф. С.А. Клименко і д.т.н., проф. В.М. Тонконогому, які приклали багато зусиль і часу на рецензування підручника, за їх зауваження і побажання, направлені на його покращення, а також усім, хто сприяв підготовці і публікації цієї книги.

Література

1. E.G. Thomsen, F.W. Taylor — A historical perspective in, On the Art of Cutting Metals - 75 years later, PED, Vol. 7 (1982), 1-12.
2. Wit Grzesik Podstawy skrawania materiałůw metalowych. – Warszawa : Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1998. – 382 arc.
3. Trent E.M., Wright P.K.: Metal cutting (4th edition), "Butterworth-Heinemann", Boston, 2000
4. Жорнік Н.І. Діяльність науково-технічної школи професора М.Ф.Семка у контексті розвитку науки про різання матеріалів в Україні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.28.01 / Н.І. Жорнік ; Харк. націон. техн. ун-т «ХПІ». – Харків, 2005. – 20 с.